

УДК 504.064

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА СКВАЖИН ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Чубаров Д.Л.,

научный руководитель канд. геол.-минералог. наук Лукин Ал. А

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

настоящее время основным методом оценки гидрогеодинамического влияния скважин является численное гидродинамическое моделирование на персональных компьютерах с использованием специализированных программных комплексов [4].

Проблема оценки гидрогеодинамических границ влияния горнотехнических систем (ГТС) таких как водозаборы подземных вод и полигоны захоронения жидких токсичных отходов (ЖРО) на геологическую среду – насущная экологическая проблема. Применение вейвлет-анализа может позволить достаточно точно определить их воздействия на гидродинамическое поле исследуемой территории. Объектом исследования является полигон захоронения ЖРО Сибирского химического комбината (СХК).

Цель работы – выявление технологического воздействия работы эксплуатационных скважин полигона на колебание напоров в наблюдательных скважинах

Задачи:

- 1) Изучить опыт использования вейвлет-анализа для решения аналогичных задач и, выбрать оптимальную методику и среду для вейвлет-преобразования дискретных сигналов;
- 2) Провести расчеты на основе фактического материала и отобразить их в виде спектрограмм;
- 3) Проанализировать полученный результат, выявив природные и технологические воздействия работы эксплуатационных скважин полигона на колебание напоров в наблюдательных скважинах.

Изучая статьи, посвященные использованию вейвлет-анализа в разных сферах научно-исследовательской деятельности, было определено, что вейвлет-анализ нашел широкое применение. Так, одна из изученных статей была посвящена использованию вейвлет-анализа для анализа расширенных потерь энергии тонких структур в электронной спектроскопии [3].

В другой статье говорится о применении вейвлет-преобразования в химии, в частности для расчета колебательных частот HONO (азотистой кислоты) и для обнаружения транс-цис-молекулы конформационных изменений в неэмперической молекулярной динамике [1].

Наибольшее же внимание привлекла статья, а точнее одна из глав докторской диссертации Кю Жанга (Kui Zhang), посвященная использованию вейвлет-преобразования для анализа нефтегазоносного пласта и выявления в нем зоны тектонического разлома [2]

Выбор оптимальной среды для дискретного вейвлет-преобразования основывался на ее общедоступности, эффективности и удобности использования. Системы

компьютерной математики Mathcad первыми использовали прямое и обратное дискретное ВП. В ядро систем (начиная с версии Mathcad 8) встроен единственный вейвлет – Добеши db4 (или DB4). При этом реализация ВП происходит с большой скоростью (т.е. эффективностью) и можно осуществлять практическое исследование различных сигналов и временных рядов на выявление как их свойств, так и свойств ВП [7].

Исходным моментом при построении различных вейвлетных разложений, связанных с равномерной сеткой, является кратно-масштабное уравнение. Для получения некоторых вариантов вейвлетных разложений задаются числами h_k и рассматривают кратно масштабное уравнение вида

$$\phi(t) = \sqrt{2} \sum_k h_k \phi(2t - k) \quad (1)$$

Следует заметить, что отыскание функции ϕ из условия (1) является весьма непростым делом. Основной прием решения этой задачи — применение преобразования Фурье к тождеству (1); это приводит к представлению образа Фурье функции ϕ в виде бесконечного произведения, откуда можно, по крайней мере, извлечь ее значения в двоичных точках вещественной оси (т.е. в точках, являющихся обыкновенными дробями со знаменателем 2^s , где s — целое число).

Таким образом, для нахождения значений коэффициентов вейвлет-фильтра длиной 4, мы должны решить систему из 4 алгебраических уравнений ($c_k = h_k$):

$$\begin{cases} c_0^2 + c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 = 1 \\ c_2 c_0 + c_3 c_1 = 0 \\ c_3 - c_2 + c_1 - c_0 = 0 \\ 0 c_3 - 1 c_2 + 2 c_1 - 3 c_0 = 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{условия ортонормальности} \\ \\ \text{нулевые моменты} \end{array}$$

Решением этой системы являются следующие значения:

$$c_0 = \frac{1 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \quad c_1 = \frac{3 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \quad c_2 = \frac{3 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \quad c_3 = \frac{1 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}},$$

Если остальные коэффициенты c_k положить равными нулю, то получается вейвлет, называемый 4-вейвлетом Добеши [5]. Алгоритм дискретного преобразования в среде MathCad подробно описан в [6].

В качестве преобразуемой функции были взяты графики изменения гидростатических уровней скважин Сн-84, Сн-106, Сн-93, А4 и Г9 полигона ЖРО СХК. Интервал времени ограничен 4 годами, с 01 января 2005 до 31 декабря 2008 гг., запись дискретная с частотой замеров – один раз в месяц (всего 48 замеров).

Согласно методике, вектор данных x и вектор вейвлет-спектра w должны иметь ровно $N = 2^{n_0}$ элементов (n_0 – целое число). Данное положение было выполнено путем линейной интерполяции исходного сигнала до 128 точек. Затем, в среде MathCad были

проведены расчеты и получены графики спектров разных семейств, а так же спектрограмма каждой из исследуемых скважин (рис. 1 А – Д)

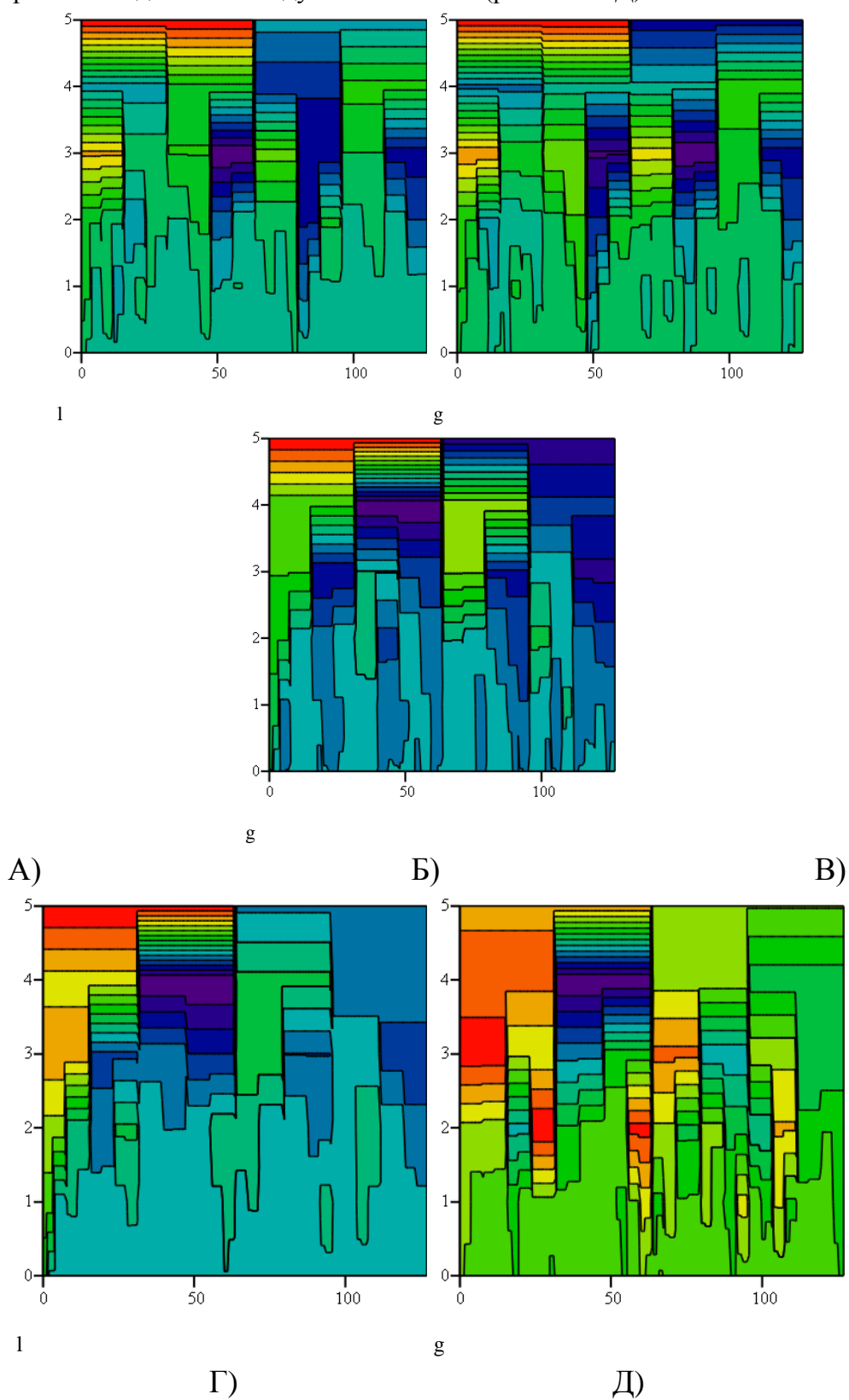


Рис. 1. спектрограмма гидростатических колебаний скважин СН-93(А),СН-106(Б), СН-84 (В), 9-Г(Г), А4(Д), (проекция на

Анализ работы

На полученных спектрограммах гидростатических колебаний скважин можно увидеть ряд закономерностей. На рисунке 1(А) представлена спектрограмма скважины Сн-93, расположенной на удалении 9,8 км от эксплуатационных скважин полигона, на рисунке 1(Б) скважины Сн-106, расположенной на расстоянии 9,7 км. от эксплуатационной скважины. Очевидно, что две данные спектрограммы очень схожи между собой. Максимальные значения обоих расположены в начальных координатах спектров 5го семейства, минимумы – в срединных координатах спектра 3го семейства. Схожесть этих спектрограмм может говорить только об одном – в данных скважинах доминируют исключительно природные колебания, эксплуатационные скважины не оказывают вовсе или оказывают очень малое влияние. Далее, скважина Сн-84 (спектрограмма которой показана на рисунке 1-Б), расположенная на расстоянии 4,5 км от эпицентра полигона. Здесь мы уже видим некоторые изменения. Во-первых, минимум спектра локализован вокруг 50й координаты в 4м семействе спектров. Во-вторых, спектрограмма в основном окрашена в синие оттенки, что говорит о более низких значениях. Обратим внимание на плавное нарастание значений в начальных координатах каждого семейства спектров (в природных колебаниях здесь наблюдалось что-то, похожее на волну). Скважина 9-Г, спектрограмма которой представлена на рисунке 1(Г), локализована на расстоянии 1,5 км от полигона. Рисунок спектрограммы в целом похож на аналогичный для скважины Сн-84, минимум спектрограммы так же локализован возле 50х координат спектра 3го семейства, однако, отличие его заключается в том, что оттенки рисунка более теплые, то есть значения спектров всех семейств, в среднем, выше, а так же более ярко выражено повышение значений в начальных координатах спектров. Таким образом, можно заключить, что на скважины Сн-84 и 9-Г эксплуатационная скважина определенно оказывает влияние, но и природные колебания так же вносят свое вклад в общий рисунок спектрограммы. Далее, скважина А-4 (рис. 1-Д), которая находится практически в самом центре полигона на расстоянии 0,3 км от эксплуатационной скважины. Со спектрограммами скважин Сн-84 и 9-Г ее объединяет расположение минимума спектрограммы и нарастание в начальных координатах спектров. Отличительные особенности еще более очевидны. Во-первых, на спектрограмме преобладают более теплые тона, это говорит о повышенных значениях спектров; зон максимума на спектрограмме не одна, как было до этого, а три. Эти особенности подтверждают то, что в данной скважине доминируют техногенные колебания.

Выводы

Методом вейвлет-преобразования дискретных сигналов проведено исследование гидростатического режима скважин на полигоне ЖРО Сибирского химического комбината.

На основе полученных данных определено, что влияние эксплуатационных скважин наблюдается на расстоянии до 1,5 – 4,5 км (скважины А-4, 9-Г, Сн-84), а на расстоянии 9,7-9,8 км (скважины Сн-106, Сн-94) на гидростатический режим скважин эксплуатационные скважины не оказывают практически никакого влияния.

В дальнейшем, для установления более точных границ, планируется рассмотреть показания спектрограмм других скважин, находящихся на разном удалении от эпицентра полигона.

Список литературы

1. Asif Rahaman and Ralph A. Wheeler, Wavelet transforms for determining time-dependent vibrational frequencies // *Journal of Chemistry Theory and Computation* №1, – 2005, ,P 769-771
2. Kui Zhang, Kurt J. Marfurt, and Amanda M. Thompson, Seismic azimuthal anisotropy analysis of post-hydraulic fracturing // 80th Annual Society of Exploration Geophysicists International Exposition meeting in Denver, Colorado, USA SEG Expanded Abstracts 29, – 2010,P 273-277
3. Shunsuke Muto, Application of spline wavelet transformation to the analysis of extended energy-loss fine structure // *Journal of Electron Microscopy* 49(4): –2000, P 525-529
4. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305. – № 6. – С. 346–365.
5. Демьянович Ю.К, «Введение в теорию вейвлетов. Курс лекций». Спб.: Изд-во СпбГУ, 2007. – С. 21 – 22;
6. Лукин Ал. А. Оценка гидрогеодинамического влияния режима эксплуатации скважин на основе статистических функций;
7. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – С. 37;